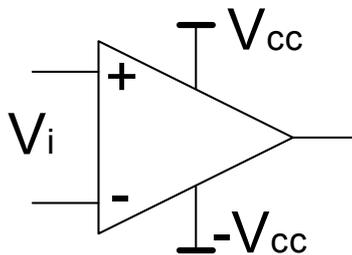
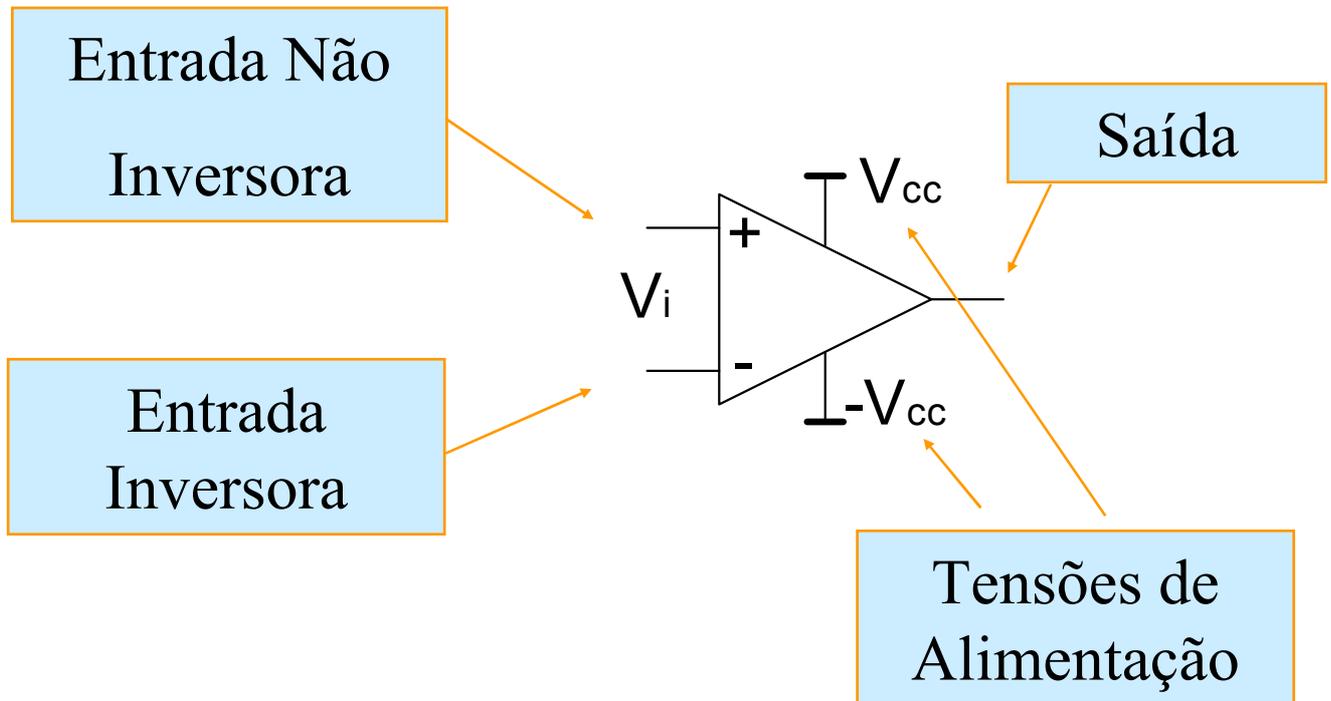


Amplificador Operacional

- O amplificador Operacional (AmpOp) é um circuito integrado utilizado num grande número de aplicações, entre as quais se destaca:
 - Controle de processos
 - Amplificação
 - Regulação de sistemas
 - Operações lineares e não lineares
 - Filtragem
- A figura seguinte representa o seu símbolo:



- O AmpOp é um dispositivo composto por duas entradas (entrada inversora (-) e entrada não inversora (+)) e uma saída.
- O AmpOp é constituído internamente por uma cascata de amplificadores com transistores.



- A saída do AmpOp é uma tensão proporcional à diferença de tensão entre as suas entradas não inversora e inversora.

$$V_o = A_v V_i$$

$$V_o = A_v (V_+ - V_-)$$

- As características apresentadas em seguida são relativas ao AmpOp ideal e servirão de base ao nosso estudo.

Impedância de Entrada

No AmpOp ideal considera-se que a corrente que entra nos seus terminais é nula, $I_+ = I_- = 0$, o que significa que existe na entrada uma impedância infinita.

$$Z_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_{IN}}{0} \rightarrow \infty$$

Na prática tem-se uma impedância bastante elevada o que significa uma corrente de entrada de valor muito reduzido (<1microA). Esta característica é explorada quando se pretende obter um bom isolamento elétrico entre circuitos (montagem BUFFER).

Impedância de Saída

No AmpOp ideal considera-se que a corrente de saída pode ter um valor infinito o que implicaria uma impedância de saída nula.

$$Z_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = \frac{V_{OUT}}{\infty} \rightarrow 0$$

Ganho de Tensão em “Malha Aberta”

Pode afirmar-se que na situação de malha aberta (sem realimentação entre a saída e a entrada) o AmpOp apresenta na sua saída um sinal que é o resultado de uma amplificação da diferença entre os potenciais de entrada ($V_+ - V_-$).

Idealmente tem-se:

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_+ - V_-} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \infty$$

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \infty$$

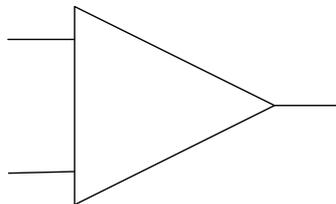
• Considerar o ganho de tensão infinito, corresponde a admitir que existe tensão de saída mesmo que a tensão de entrada seja nula

$$V_{IN}=0 \Leftrightarrow V_+ - V_- = 0 \Leftrightarrow V_+ = V_-$$

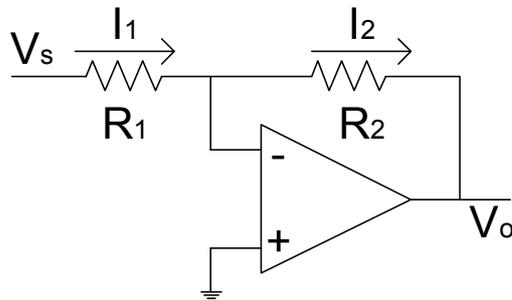
• Na prática a tensão de saída está limitada aos valores de alimentação do AmpOp, ou seja, à saída não teremos valores superiores a $+V_{cc}$ ou inferiores a $-V_{cc}$ os quais correspondem à saturação do AmpOp.

• As considerações $I_+ = I_- = 0$ e $V_+ = V_-$ constituem o denominado conceito de “terra virtual”. Este conceito é perfeitamente genérico e pode ser aplicado na análise simplificada de qualquer circuito com AmpOps.

-
- Basicamente o amplificador operacional pode funcionar em três modos:
 - **Malha Aberta**
 - **Realimentação Positiva**
 - **Realimentação Negativa**



Amplificador Inversor



- Uma das configurações mais utilizadas do AmpOp é o chamado amplificador inversor. É constituído por um AmpOp e duas resistências ligados como se mostra na figura.
- Usando o conceito de terra virtual:

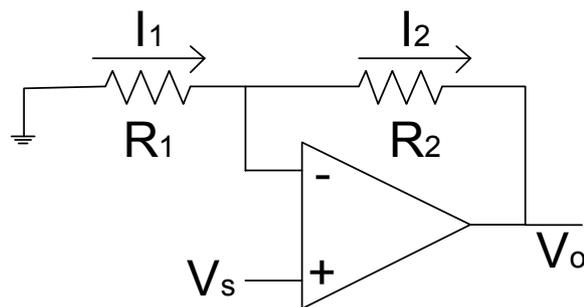
$$\begin{cases} I_+ = I_- = 0 \\ V_+ = V_- \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 = I_2 \\ V_+ = 0 \end{cases} \Leftrightarrow I_1 = \frac{V_s}{R_1} \wedge I_2 = \frac{-V_o}{R_2}$$

$$\Rightarrow V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_s$$

A saída é uma réplica amplificada da entrada (ganho R_2/R_1), mas com a fase invertida.

Amplificador Não Inversor

A figura seguinte representa outro amplificador com AmpOp: o amplificador não inversor



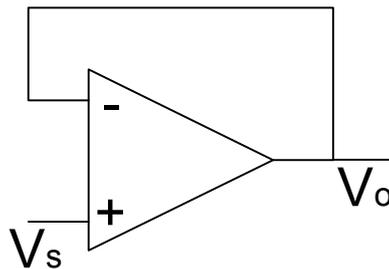
Aplicando o conceito de terra virtual a esta configuração:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_+ = I_- = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 \\ V_+ = V_- = V_s \Rightarrow I_1 = \frac{-V_s}{R_1} \wedge I_2 = \frac{V_s - V_o}{R_2} \end{array} \right.$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_s$$

Buffer

Na figura seguinte representa-se um caso particular da configuração anterior denominado BUFFER .



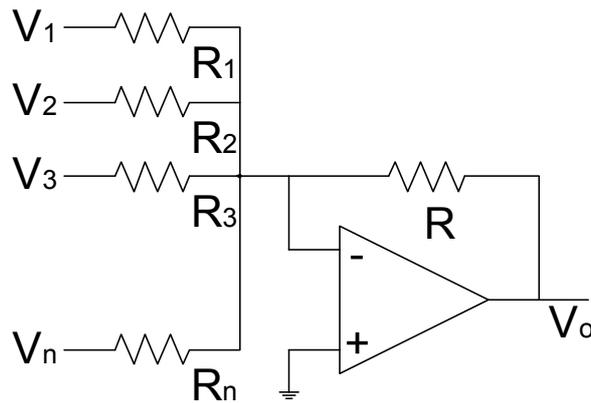
Nesta configuração $R_2=0$ e $R_1= \infty$ e neste caso:

$$V_o = V_s$$

Esta montagem, por ter uma impedância de entrada bastante elevada é utilizada para obter isolamento elétrico entre circuitos.

Somador Inversor

Um somador inversor não é mais que um amplificador inversor, utilizando vários ramos de entrada.



Assim:

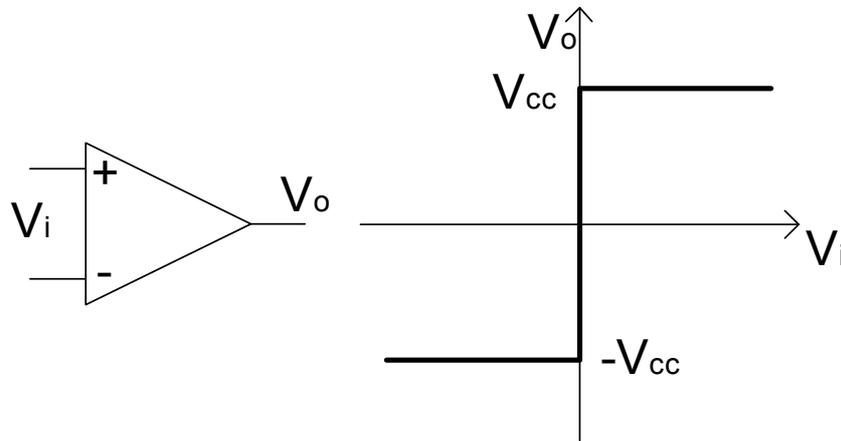
$$I_R = I_{R_1} + I_{R_2} + \dots + I_{R_n} = \sum_i^n I_{R_k}$$

$$I_R = -\frac{V_o}{R}$$

$$I_{R_k} = \frac{V_k}{R_k}$$

$$V_o = -\sum_1^n \left(\frac{R}{R_k} V_k \right)$$

Comparador



A característica de transferência de um AmpOp pode ser explorada para efeitos de discriminação de sinais de tensão:

Se $V_i > 0 \rightarrow V_o \cong +V_{cc}$ (*saturação positiva*)

Se $V_i < 0 \rightarrow V_o \cong -V_{cc}$ (*saturação negativa*)

com $V_i = V_+ - V_-$